Mario Bunge nació en Buenos Aires en 1919, se doctoró en ciencias físico-matemáticas en 1952, y estudió filosofía y ciencias sociales por su cuenta. Ostenta quince doctorados y cuatro profesorados honorarios. Fue profesor en las universidades de Buenos Aires y La Plata, así como profesor invitado en universidades norteamericanas, mexicanas y europeas. Desde 1966 enseña en la Universidad McGill, en Montreal. Ha publicado más de cuarenta libros y unos quinientos artículos sobre física, sociología, teoría de sistemas, semántica, ontología, filosofía de la ciencia y ética. Sus principales obras son *Foundations of Physics*, *La investigación científica* y *Treatise on Basic Philosophy*, en ocho tomos.

MARIO BUNGE

LA CIENCIA

SU MÉTODO Y SU FILOSOFÍA

DEBOLSILLO

psicología, *en colaboración con Rubén Ardila (Barcelona, Ariel, 1988),* Mente y sociedad *(Madrid, Alianza Universidad, 1989), y* Sociología de la ciencia *(Buenos Aires, Siglo Veinte, 1993).* Ética y ciencia *(Buenos Aires, Siglo Veinte, 1960),* La causalidad *(Buenos Aires, Eudeba, 1961),* Materialismo y ciencia *(Barcelona, Ariel, 1980),* Ciencia y desarrollo *(Buenos Aires, Siglo Veinte, 1980) y* Sistemas sociales y filosofía *(Buenos Aires, Siglo Veinte, 1994) se ocupan de temas contiguos a la epistemología.*

Quien se interese por mi sistema filosófico consultará mi Treatise on Basic Philosophy, *en ocho tomos (Dordrecht-Boston, Reidel, 1974-1989), que abarca semántica, ontología, gnoseología, epistemología, axiología y ética. Finalmente, quien tenga curiosidad por conocer algunas de las reacciones provocadas por este tratado compulsará el volumen colectivo* Studies on Mario Bunge's Treatise, *compilado por G. Dorn y P. Weingartner (Amsterdam, Rodopi, 1990).*

Mario Bunge
Foundations & Philosophy of Science Unit
McGill University
Montreal, Quebec, Canadá
Primavera de 1994

¿Qué es la ciencia?

1. *Introducción*

Mientras los animales inferiores sólo están en el mundo, el hombre trata de entenderlo: y, sobre la base de su inteligencia imperfecta pero perfectible del mundo, el hombre intenta enseñorearse de él para hacerlo más confortable. En este proceso, construye un mundo artificial: ese creciente cuerpo de ideas llamado "ciencia", que puede caracterizarse como conocimiento racional, sistemático, exacto, verificable y por consiguiente falible. Por medio de la investigación científica, el hombre ha alcanzado una reconstrucción conceptual del mundo que es cada vez más amplia, profunda y exacta.

Un mundo le es dado al hombre; su gloria no es soportar o despreciar este mundo, sino enriquecerlo construyendo otros universos. Amasa y remoldea la naturaleza sometiéndola a sus propias necesidades; construye la sociedad y es a su vez construido por ella; trata luego de remoldear este ambiente artificial para adaptarlo a sus propias necesidades animales y espirituales, así como a sus sueños: crea así el mundo de los artefactos y el mundo de la cultura. La ciencia como actividad —como investigación— pertenece a la vida social; en

cuanto se la aplica al mejoramiento de nuestro medio natural y artificial, a la invención y manufactura de bienes materiales y culturales, la ciencia se convierte en tecnología. Sin embargo, la ciencia se nos aparece como la más deslumbrante y asombrosa de las estrellas de la cultura cuando la consideramos como un bien por sí mismo, esto es, como un sistema de ideas establecidas provisionalmente (conocimiento científico), y como una actividad productora de nuevas ideas (investigación científica). Tratemos de caracterizar el conocimiento y la investigación científicos tal como se los conoce en la actualidad.

2. *Ciencia formal y ciencia fáctica*

No toda investigación científica procura el conocimiento objetivo. Así, la lógica y la matemática —esto es, los diversos sistemas de lógica formal y los diferentes capítulos de la matemática pura— son racionales, sistemáticos y verificables, pero no son objetivos, no nos dan informaciones acerca de la realidad: simplemente no se ocupan de los hechos. La lógica y la matemática tratan de entes ideales; estos entes, tanto los abstractos como los interpretados, sólo existen en la mente humana. A los lógicos y matemáticos no se les da objetos de estudio: ellos construyen sus propios objetos. Es verdad que a menudo lo hacen por abstracción de objetos reales (naturales y sociales), como es el caso de las figuras geométricas y de los números enteros. Más aún, el trabajo del lógico o del matemático satisface a menudo las necesidades del naturalista, del sociólogo o del tecnólogo, y es por esto que la sociedad los tolera y, ahora, hasta los estimula. Pero la materia prima que emplean los lógicos y los matemáticos no es fáctica sino ideal.

Por ejemplo, el concepto de número abstracto nació, sin duda, de la coordinación (correspondencia biunívoca) de conjuntos de objetos materiales, tales como dedos, por una parte, y guijarros, por la otra; pero no por esto aquel concepto se reduce a esta operación manual, ni a los signos que se emplean para representarlo. Los números no existen fuera de nuestros cerebros. Los objetos materiales son numerables siempre que sean discontinuos; pero no son números; tampoco son números puros (abstractos) sus cualidades o relaciones. En el mundo real encontramos 3 libros, en el mundo de la ficción construimos 3 platos voladores. Pero ¿quién vio jamás un 3, un simple 3?

La lógica y la matemática, por ocuparse de inventar entes formales y de establecer relaciones entre ellos, se llaman a menudo *ciencias formales*, precisamente porque sus objetos no son cosas ni procesos sino, para emplear el lenguaje pictórico, formas en las que se puede verter un surtido ilimitado de contenidos, tanto fácticos como empíricos. Esto es, podemos establecer *correspondencias* entre esas formas (u objetos formales), por una parte, y cosas y procesos pertenecientes a cualquier nivel de la realidad, por la otra. Así es como

la física, la química, la fisiología, la psicología, la economía y las demás ciencias recurren a la matemática, empleándola como herramienta para representar con precisión las complejas relaciones que se encuentran entre los hechos, y entre los diversos aspectos de los hechos; dichas ciencias no identifican las formas ideales con los objetos concretos, sino que interpretan las primeras en términos de hechos y de experiencias (o, lo que es equivalente, formalizan enunciados fácticos).

Lo mismo vale para la lógica formal: algunas de sus partes —en particular, pero no exclusivamente, la lógica proposicional bivalente— pueden hacerse corresponder a aquellas entidades psíquicas que llamamos pensamientos. Semejante aplicación de las ciencias de la forma pura a la inteligencia del mundo de los hechos se efectúa asignando diferentes interpretaciones a los objetos formales. Estas interpretaciones son, dentro de ciertos límites, arbitrarias; vale decir, se justifican por el éxito, la conveniencia o la ignorancia. En otras palabras, el significado fáctico o empírico que se les asigna a los objetos formales no es una propiedad intrínseca de los mismos. De esta manera, las ciencias formales jamás entran en conflicto con la realidad. Esto explica la paradoja de que, siendo formales, se "aplican" a la realidad: en rigor no se aplican, sino que se emplean en la vida cotidiana y en las ciencias fácticas a condición de que se les superpongan reglas de correspondencia adecuada. En suma, la lógica y la matemática establecen contacto con la realidad a través del puente del lenguaje, tanto el ordinario como el científico.

Tenemos así una primera gran división de las ciencias, en formales (o ideales) y fácticas (o materiales). Esta ramificación preliminar tiene en cuenta el *objeto* o tema de las respectivas disciplinas; también da cuenta de la diferencia de especie entre los enunciados que se proponen establecer las ciencias formales y las fácticas: mientras los enunciados formales consisten en relaciones entre signos, los enunciados de las ciencias fácticas se refieren, en su mayoría, a entes extracientíficos: a sucesos y procesos. Nuestra división también tiene en cuenta el *método* por el cual se ponen a prueba los enunciados verificables: mientras las ciencias formales se contentan con la lógica para demostrar rigurosamente sus teoremas (los que, sin embargo, pudieron haber sido adivinados por inducción común o de otras maneras), las ciencias fácticas necesitan más que la lógica formal: para confirmar sus conjeturas necesitan de la observación y/o el experimento. En otras palabras, las ciencias fácticas tienen que mirar las cosas y, siempre que les sea posible, deben procurar cambiarlas deliberadamente para intentar descubrir en qué medida sus hipótesis se adecuan a los hechos.

Cuando se demuestra un teorema lógico o matemático no se recurre a la experiencia: el conjunto de postulados, definiciones, reglas de formación de las expresiones dotadas de significado y reglas de inferencia deductiva —en suma la base de la teoría dada—, es necesario y suficiente para

ese propósito. La demostración de los teoremas no es sino una deducción: es una operación confinada a la esfera teórica, aun cuando a veces los teoremas mismos (no sus demostraciones) sean sugeridos en alguna esfera extramatemática, y aun cuando su prueba (pero no su primer descubrimiento) pueda realizarse con ayuda de calculadoras electrónicas. Por ejemplo, cualquier demostración rigurosa del teorema de Pitágoras prescinde de mediciones y emplea figuras sólo como ayuda psicológica al proceso deductivo. Que el teorema de Pitágoras haya sido el resultado de un largo proceso de inducción conectado a operaciones prácticas de mediciones de tierras, es objeto de la historia, la sociología y la psicología del conocimiento.

La matemática y la lógica son, en suma, ciencias deductivas. El proceso constructivo, en que la experiencia desempeña un gran papel sugestivo, se limita a la formación de los puntos de partida (axiomas). En matemática la verdad consiste, por esto, en la coherencia del enunciado dado con un sistema de ideas admitido previamente: por esto, la verdad matemática no es absoluta, sino relativa a ese sistema, en el sentido de que una proposición que es válida en una teoría puede dejar de ser lógicamente verdadera en otra teoría. (Por ejemplo, en el sistema de aritmética que empleamos para contar las horas del día, vale la proposición 24 + 1 = 1.) Más aún las teorías matemáticas abstractas, esto es, que contienen términos no interpretados (signos a los que no se atribuye un

significado fijo, y que, por lo tanto, pueden adquirir distintos significados) pueden desarrollarse sin poner atención al problema de la verdad.

Considérese el siguiente axioma de cierta teoría abstracta (no interpretada): "Existe por lo menos un x tal que es F". Se puede dar un número ilimitado de interpretaciones (modelos) de este axioma, dándose a 'x' y 'F' otros tantos significados. Si decimos que 'F' designa punto, obtenemos un modelo geométrico dado; si adoptamos la convención de que 'F' designa número, obtenemos un cierto modelo aritmético, y así sucesivamente. En cuanto "llenamos" la forma vacía con un contenido específico (pero todavía matemático), obtenemos un sistema de entes lógicos que tienen el privilegio de ser verdaderos o falsos dentro del sistema dado de proposiciones: a partir de ahí tenemos que habérnoslas con el problema de la verdad matemática. Aun así tan sólo las conclusiones (teoremas) tendrán que ser verdaderas: los axiomas mismos pueden elegirse a voluntad. La batalla se habrá ganado si se respeta la coherencia lógica, esto es, si no se violan las leyes del sistema de lógica que se ha convenido usar.

En las ciencias fácticas, la situación es enteramente diferente. En primer lugar, ellas no emplean símbolos vacíos (variables lógicas), sino tan sólo símbolos interpretados; por ejemplo, no involucran expresiones tales como "x es F", que no son verdaderas ni falsas. En segundo lugar, la racionalidad —esto es, la coherencia con un sistema de ideas aceptado previamente— es necesaria pero

no suficiente para los enunciados fácticos; en particular, la sumisión a algún sistema de lógica es necesaria pero no es una garantía de que se obtenga la verdad. Además de la racionalidad, exigimos de los enunciados de las ciencias fácticas que sean *verificables en la experiencia*, sea indirectamente (en el caso de las hipótesis generales), sea directamente (en el caso de las consecuencias singulares de las hipótesis). Únicamente después que haya pasado las pruebas de la verificación empírica podrá considerarse que un enunciado es adecuado a su objeto, o sea, que es verdadero, y aun así hasta nuevo aviso. Por esto es que el conocimiento fáctico verificable se llama a menudo *ciencia empírica*.

En resumidas cuentas, la coherencia es necesaria pero no suficiente en el campo de las ciencias de hechos: para afirmar que un enunciado es (probablemente) verdadero se requieren datos empíricos (proposiciones acerca de observaciones o experimentos). En última instancia, sólo la experiencia puede decirnos si una hipótesis relativa a cierto grupo de hechos materiales es adecuada o no. El mejor fundamento de esta regla metodológica que acabamos de enunciar es que la experiencia le ha enseñado a la humanidad que el conocimiento de hecho no es convencional, que si se busca la comprensión y el control de los hechos debe partirse de la experiencia. Pero la experiencia no garantizará que la hipótesis en cuestión sea la única verdadera: sólo nos dirá que es *probablemente* adecuada, sin excluir por ello la posibilidad de que un estudio ulterior pueda dar mejores

aproximaciones en la reconstrucción conceptual del trozo de realidad escogido. El conocimiento fáctico, aunque racional, es esencialmente probable; dicho de otro modo: la inferencia científica es una red de inferencias deductivas (demostrativas) y plausibles (inconcluyentes).

Las ciencias formales demuestran o prueban; las ciencias fácticas verifican (confirman o disconfirman) hipótesis que en su mayoría son provisionales. La demostración es completa y final; la verificación es incompleta y por ello temporaria. La naturaleza misma del método científico impide la confirmación final de las hipótesis fácticas. En efecto, los científicos no sólo procuran acumular elementos de prueba de sus suposiciones multiplicando el número de casos en que ellas se cumplen; también tratan de obtener casos desfavorables a sus hipótesis, fundándose en el principio lógico de que una sola conclusión que no concuerde con los hechos tiene más peso que mil confirmaciones. Por ello, mientras las teorías formales pueden ser llevadas a un estado de perfección (o estancamiento), los sistemas teóricos relativos a los hechos son esencialmente defectuosos; cumplen, pues, la condición necesaria para ser perfectibles. En consecuencia, si el estudio de las ciencias formales puede vigorizar el hábito del rigor, el estudio de las ciencias fácticas puede inducirnos a considerar el mundo como inagotable, y al hombre como una empresa inconclusa e interminable.

Las diferencias de método, tipo de enunciados y referentes, que separan las ciencias fácticas de

las formales, impiden que se las examine conjuntamente más allá de cierto punto. Por ser una ficción seria, rigurosa y a menudo útil, pero ficción al cabo, la ciencia formal requiere un tratamiento especial. En lo que sigue nos concentraremos en la ciencia fáctica. Daremos un vistazo a las características peculiares de las ciencias de la naturaleza y de la sociedad en su estado actual, con la esperanza de que la ciencia futura enriquezca sus cualidades o, al menos, de que las civilizaciones por venir hagan mejor uso del conocimiento científico.

Los rasgos esenciales del tipo de conocimiento que alcanzan las ciencias de la naturaleza y de la sociedad son la *racionalidad* y la *objetividad*. Por conocimiento racional se entiende:

a) que está constituido por conceptos, juicios y raciocinios, y no por sensaciones, imágenes, pautas de conducta, etc. Sin duda, el científico percibe, forma imágenes (p. ej., modelos visualizables) y hace operaciones; pero tanto el punto de partida como el punto final de su trabajo son ideas;

b) que esas ideas pueden combinarse de acuerdo con algún conjunto de reglas lógicas, con el fin de producir nuevas ideas (inferencia deductiva). Éstas no son enteramente nuevas desde un punto de vista estrictamente lógico, puesto que están implicadas por las premisas de la deducción; pero son gnoseológicamente nuevas en la medida en que expresan conocimientos de los que no se tenía conciencia antes de efectuarse la deducción;

c) que esas ideas no se amontonan caóticamente o, simplemente, en forma cronológica, sino que se organizan en sistemas de ideas, esto es, en conjuntos ordenados de proposiciones (teorías).

Que el conocimiento científico de la realidad es objetivo, significa:

a) que concuerda aproximadamente con su objeto; vale decir, que busca alcanzar la verdad fáctica;

b) que verifica la adaptación de las ideas a los hechos recurriendo a un comercio peculiar con los hechos (observación y experimento), intercambio que es controlable y hasta cierto punto reproducible.

Ambos rasgos de la ciencia fáctica, la racionalidad y la objetividad, están íntimamente soldados. Así, por ejemplo, lo que usualmente se verifica por medio del experimento es alguna consecuencia —extraída por vía deductiva— de alguna hipótesis; otro ejemplo: el cálculo no sólo sigue a la observación sino que siempre es indispensable para planearla y registrarla. La racionalidad y objetividad del conocimiento científico pueden analizarse en un cúmulo de características a las que pasaremos revista en lo que sigue.

3. Inventario de las principales características de la ciencia fáctica

1) *El conocimiento científico es fáctico*: parte de los hechos, los respeta hasta cierto punto y siempre vuelve a ellos. La ciencia intenta descri-

bir los hechos tales como son, independientemente de su valor emocional o comercial: la ciencia no poetiza los hechos ni los vende, si bien sus hazañas son una fuente de poesía y de negocios. En todos los campos, la ciencia comienza estableciendo los hechos: esto requiere curiosidad impersonal, desconfianza por la opinión prevaleciente y sensibilidad a la novedad.

Los enunciados fácticos confirmados se llaman usualmente "datos empíricos": se obtienen con ayuda de teorías (por esquemáticas que sean) y son a su vez la materia prima de la elaboración teórica. Una subclase de datos empíricos es de tipo cuantitativo; los datos numéricos y métricos se disponen a menudo en tablas, las más importantes de las cuales son las tablas de constantes (tales como las de los puntos de fusión de las diferentes sustancias). Pero la recolección de datos y su ulterior disposición en tablas no es la finalidad principal de la investigación: la información de esta clase debe incorporarse a teorías si ha de convertirse en una herramienta para la inteligencia y la aplicación. ¿De qué sirve conocer el peso específico del hierro si carecemos de fórmulas mediante las cuales podemos relacionarlo con otras cantidades?

No siempre es posible, ni siquiera deseable, respetar enteramente los hechos cuando se los analiza, y no hay ciencia sin análisis, aun cuando el análisis no sea sino un medio para la reconstrucción final de los todos. El físico atómico perturba el átomo al que desea espiar; el biólogo modifica y puede incluso matar al ser vivo que analiza; el antropólogo empeñado en el estudio de campo de una comunidad provoca en ella ciertas modificaciones. Ninguno de ellos aprehende su objeto tal como es, sino tal como queda modificado por sus propias operaciones; sin embargo, en todos los casos tales cambios son objetivos, y se presume que pueden entenderse en términos de leyes: no son conjurados arbitrariamente por el experimentador. Más aún, en todos los casos el investigador intenta describir las características y el monto de la perturbación que produce en el acto del experimento; procura, en suma, estimar la desviación o "error" producido por su intervención activa. Porque los científicos actúan haciendo tácitamente la suposición de que el mundo existiría aun en su ausencia, aunque, desde luego, no exactamente de la misma manera.

2) *El conocimiento científico trasciende los hechos:* descarta hechos, produce nuevos hechos y los explica. El sentido común parte de los hechos y se atiene a ellos: a menudo se limita al hecho aislado, sin ir muy lejos en el trabajo de correlacionarlo con otros o de explicarlo. En cambio, la investigación científica no se limita a los hechos observados: los científicos exprimen la realidad a fin de ir más allá de las apariencias; rechazan el grueso de los hechos percibidos, por ser un montón de accidentes; seleccionan los que consideran que son relevantes; controlan hechos y, en lo posible, los reproducen. Incluso producen cosas nuevas, desde instrumentos hasta partículas elemen-

tales; obtienen nuevos compuestos químicos, nuevas variedades vegetales y animales y, al menos en principio, crean nuevas pautas de conducta individual y social.

Más aún, los científicos usualmente no aceptan nuevos hechos a menos que puedan certificar de alguna manera su autenticidad; y esto se hace, no tanto contrastándolos con otros hechos, cuanto mostrando que son compatibles con lo que se sabe. Los científicos descartan las imposturas y los trucos mágicos porque no encuadran en hipótesis muy generales y fidedignas, que han sido puestas a prueba en incontables ocasiones. Vale decir, los científicos no consideran su propia experiencia individual como un tribunal inapelable; se fundan, en cambio, en la experiencia colectiva y en la teoría.

Hay más: el conocimiento científico racionaliza la experiencia en lugar de limitarse a describirla; la ciencia da cuenta de los hechos, no inventariándolos sino explicándolos por medio de hipotesis (en particular, enunciados de leyes) y sistemas de hipótesis (teorías). Los científicos conjeturan lo que hay tras los hechos observados, y de continuo inventan conceptos (tales como los de átomo, campo, masa, energía, adaptación, integración, selección, clase social o tendencia histórica) que carecen de correlato empírico, esto es, que no corresponden a perceptos, aun cuando presumiblemente se refieren a cosas, cualidades o relaciones existentes objetivamente. No percibimos los campos eléctricos o las clases sociales: conjeturamos

su existencia a partir de hechos experimentables, y tales conceptos son significativos tan sólo en ciertos contextos teóricos.

Este trascender la experiencia inmediata, este salto del nivel observacional al teórico, le permite a la ciencia mirar con desconfianza los enunciados sugeridos por meras coincidencias; le permite predecir la existencia real de cosas y procesos ocultos a primera vista, pero que instrumentos (materiales o conceptuales) más potentes pueden descubrir. Las discrepancias entre las previsiones teóricas y los hallazgos empíricos figuran entre los estímulos más fuertes para edificar teorías nuevas y diseñar nuevos experimentos. No son los hechos por sí mismos sino su elaboración teórica y la comparación de las consecuencias de las teorías con los datos observacionales, la principal fuente del descubrimiento de nuevos hechos.

3) *La ciencia es analítica*: la investigación científica aborda problemas circunscriptos, uno a uno, y trata de descomponerlo todo en elementos (no necesariamente últimos o siquiera reales). La investigación científica no se plantea cuestiones tales como "¿Cómo es el universo en su conjunto?", o "¿Cómo es posible el conocimiento?" Trata, en cambio, de entender toda situación total en términos de sus componentes; intenta descubrir los elementos que componen cada totalidad, y las interconexiones que explican su integración.

Los problemas de la ciencia son parciales y así son también, por consiguiente, sus soluciones; pero, más aún: al comienzo los problemas son es-

trechos o es preciso estrecharlos. Pero, a medida que la investigación avanza, su alcance se amplía. Los resultados de la ciencia son generales, tanto en el sentido de que se refieren a clases de objetos (p. ej.: lluvia), como en el de que están o tienden a ser incorporados en síntesis conceptuales llamadas teorías. El análisis, tanto de los problemas como de las cosas, no es tanto un objetivo como una herramienta para construir síntesis teóricas. La ciencia auténtica no es atomista ni totalista, sino sistémica.

La investigación comienza descomponiendo sus objetos a fin de descubrir el "mecanismo" interno responsable de los fenómenos observados. Pero el desmontaje del "mecanismo" no se detiene cuando se ha investigado la naturaleza de sus partes; el próximo paso es el examen de la interdependencia de las partes, y la etapa final es la tentativa de reconstruir el todo en términos de sus partes interconectadas. El análisis no acarrea el descuido de la totalidad; lejos de disolver la integración, el análisis es la única manera conocida de descubrir cómo emergen, subsisten y se desintegran los todos. La ciencia no ignora la síntesis; lo que sí rechaza es la pretensión irracionalista de que las síntesis pueden ser aprehendidas por una intuición especial, sin previo análisis.

4) *La investigación científica es especializada*: una consecuencia del enfoque analítico de los problemas es la especialización. No obstante la unidad del método científico, su aplicación depende, en gran medida, del asunto; esto explica la

multiplicidad de técnicas y la relativa independencia de los diversos sectores de la ciencia.

Sin embargo, es menester no exagerar la diversidad de las ciencias al punto de borrar su unidad metodológica. El viejo dualismo materia/espíritu había sugerido la división de las ciencias en *Naturwissenschaften*, o ciencias de la naturaleza, y *Geisteswissenschaften*, o ciencias del espíritu. Pero estos géneros difieren en cuanto al asunto, a las técnicas y al grado de desarrollo, no así en lo que respecta al objetivo, método y alcance. Además, la división en cuestión es inválida porque hay ciencias híbridas, es decir, socionaturales, tales como la psicología, la antropología, la lingüística y la demografía.

El dualismo razón/experiencia había sugerido, a su vez, la división de las ciencias fácticas en racionales y empíricas, que tampoco es adecuada porque todas son a la vez racionales y empíricas. Menos sostenible aún es la dicotomía ciencias deductivas/ciencias inductivas, ya que toda empresa científica —sin excluir el dominio de las ciencias formales— es tan inductiva como deductiva, sin hablar de otros tipos de inferencia, por ejemplo la analógica.

La especialización no ha impedido la formación de campos interdisciplinarios, tales como la biofísica, la bioquímica, la psicofisiología, la psicología social, la teoría de la información, la cibernética o la investigación operacional. Con todo, la especialización tiende a estrechar la visión del científico individual. Un único remedio ha resulta-

do eficaz contra la unilateralidad profesional, y es una dosis de filosofía.

5) *El conocimiento científico es claro y preciso:* sus problemas son distintos, sus resultados son claros. El conocimiento ordinario, en cambio, usualmente es vago e inexacto; en la vida diaria nos preocupamos poco por dar definiciones precisas, descripciones exactas o mediciones afinadas: si éstas nos preocuparan demasiado, no lograríamos marchar al paso de la vida. La ciencia torna preciso lo que el sentido común conoce de manera nebulosa; pero, desde luego, la ciencia es mucho más que sentido común organizado: aunque proviene del sentido común, la ciencia constituye una rebelión contra su vaguedad y superficialidad. El conocimiento científico procura la precisión; nunca está enteramente libre de vaguedades, pero se las ingenia para mejorar la exactitud; nunca está del todo libre de error, pero posee una técnica única para encontrar errores y para sacar provecho de ellos.

La claridad y la precisión en ciencia se obtienen de las siguientes maneras:

a) los problemas se formulan de manera clara; lo primero, y a menudo lo más difícil, es distinguir cuáles son los problemas; ni hay artillería analítica o experimental que pueda ser eficaz si no se ubica adecuadamente al enemigo;

b) la ciencia parte de nociones que parecen claras al no iniciado; y las complica, purifica y eventualmente las rechaza; la transformación progresiva de las nociones corrientes se efectúa incluyéndolas en esquemas teóricos. Así, por ejemplo,

"distancia" adquiere un sentido preciso al ser incluida en la geometría métrica y en la física;

c) la ciencia define la mayoría de sus conceptos: algunos de ellos se definen en términos de conceptos no definidos o primitivos; otros, de manera implícita, esto es, por la función que desempeñan en un sistema teórico (definición contextual). Las definiciones son convencionales, pero no se las elige caprichosamente: deben ser convenientes y fértiles. (¿De qué vale, por ejemplo, poner un nombre especial a las muchachas pecosas que estudian ingeniería y pesan más de 50 kg?) Una vez que se ha elegido una definición, el discurso restante debe guardarle fidelidad si se quiere evitar inconsecuencias;

d) la ciencia crea lenguajes artificiales inventando símbolos (palabras, signos matemáticos, símbolos químicos, etc.); a estos signos se les atribuye significados determinados por medio de reglas de designación (tal como "en el presente contexto «H» designa el elemento de peso atómico unitario"). Los símbolos básicos serán tan simples como sea posible, pero podrán combinarse conforme a reglas determinadas para formar configuraciones tan complejas como sea necesario (las leyes de combinación de los signos que intervienen en la producción de expresiones complejas se llaman *reglas de formación*);

e) la ciencia procura siempre medir y registrar los fenómenos. Los números y las formas geométricas son de gran importancia en el registro, la descripción y la inteligencia de los sucesos

y procesos. En lo posible, tales datos debieran disponerse en tablas o resumirse en fórmulas matemáticas. Sin embargo, la formulación matemática, deseable como es, no es una condición indispensable para que el conocimiento sea científico; lo que caracteriza el conocimiento científico es la exactitud en un sentido general antes que la exactitud numérica o métrica, la que es inútil si media la vaguedad conceptual o la inadecuación a la realidad. Más aún, la investigación científica emplea, en medida creciente, capítulos no numéricos y no métricos de la matemática, tales como la topología, la teoría de los grupos o el álgebra de las clases, que no son ciencias del número y de la figura, sino de la relación.

6) *El conocimiento científico es comunicable*: no es inefable sino expresable, no es privado sino público. El lenguaje científico comunica información a quienquiera haya sido adiestrado para entenderlo. Hay, ciertamente, sentimientos oscuros y nociones difusas, incluso en el desarrollo de la ciencia (aunque no en la presentación final del trabajo científico); pero es preciso aclararlos antes de poder estimar su adecuación. Lo que es inefable puede ser propio de la poesía o de la música, no de la ciencia, cuyo lenguaje es informativo y no expresivo o imperativo. La inefabilidad misma es, en cambio, tema de investigación científica, sea psicológica o lingüística.

La comunicabilidad es posible gracias a la precisión; y es a su vez una condición necesaria para la verificación de los datos empíricos y de las

hipótesis científicas. Aun cuando, por motivos comerciales o políticos, se mantengan en secreto durante un tiempo algunos trozos del saber, deben ser comunicables en principio para que puedan ser considerados científicos. La comunicación de los resultados y de las técnicas de la ciencia no sólo perfecciona la educación general sino que multiplica las posibilidades de su confirmación o refutación. La verificación independiente ofrece las máximas garantías técnicas y morales, y ahora es posible, en muchos campos, en escala internacional. Por esto, los científicos consideran el secreto en materia científica como enemigo del progreso de la ciencia; la política del secreto científico es, en efecto, el más eficaz originador del estancamiento en la cultura, en la tecnología y en la economía, así como una fuente de corrupción moral.

7) *El conocimiento científico es verificable:* debe aprobar el examen de la experiencia. A fin de explicar un conjunto de fenómenos, el científico inventa conjeturas fundadas de alguna manera en el saber adquirido. Sus suposiciones pueden ser cautas o audaces, simples o complejas; en todo caso, deben ser puestas a prueba. El *test* de las hipótesis fácticas es empírico, esto es, observacional o experimental. El haberse dado cuenta de esta verdad hoy tan trillada es la contribución inmortal de la ciencia helenística. En este sentido, las ideas científicas (incluidos los enunciados de leyes) no son superiores a las herramientas o a los vestidos: si fracasan en la práctica, fracasan por entero.

La experimentación puede calar más profundamente que la observación, porque efectúa cambios en lugar de limitarse a registrar variaciones: aísla y controla las variables sensibles o pertinentes. Sin embargo, los resultados experimentales son pocas veces interpretables de una sola manera. Más aún, no todas las ciencias pueden experimentar; y en ciertos capítulos de la astronomía y de la economía se alcanza una gran exactitud sin ayuda del experimento. La ciencia fáctica es por esto *empírica* en el sentido de que la comprobación de sus hipótesis involucra la experiencia; pero no es necesariamente *experimental* y, en particular, no es agotada por las ciencias de laboratorio, tales como la física.

La prescripción de que las hipótesis científicas deben ser capaces de aprobar el examen de la experiencia es una de las reglas del método científico; la aplicación de esta regla depende del tipo de objeto, del tipo de la hipótesis en cuestión y de los medios disponibles. Por esto, se necesita una multitud de técnicas de verificación empírica. La verificación de la fórmula de un compuesto químico se hace de una manera muy diferente de la verificación de un cálculo astronómico o de una hipótesis concerniente al pasado de las rocas o de los hombres. Las técnicas de verificación evolucionan en el curso del tiempo; sin embargo, siempre consisten en poner a prueba consecuencias particulares de hipótesis generales (entre ellas, enunciados de leyes). Siempre se reducen a mostrar que hay, o que no hay, algún fundamento para creer que las suposiciones en cuestión corresponden a los hechos observados o a los valores medidos.

La verificabilidad hace a la esencia del conocimiento científico; si así no fuera, no podría decirse que los científicos procuran alcanzar conocimiento objetivo.

8) *La investigación científica es metódica*: no es errática sino planeada. Los investigadores no tantean en la oscuridad: saben lo que buscan y cómo encontrarlo. El planeamiento de la investigación no excluye el azar; sólo que, al hacer un lugar a los acontecimientos imprevistos, es posible aprovechar la interferencia del azar y la novedad inesperada. Más aún, a veces el investigador produce el azar deliberadamente. Por ejemplo, para asegurar la uniformidad de una muestra, y para impedir una preferencia inconsciente en la elección de sus miembros, a menudo se emplea la técnica de la casualización, en que la decisión acerca de los individuos que han de formar parte de ciertos grupos se deja librada a una moneda o a algún otro dispositivo. De esta manera, el investigador pone el azar al servicio del orden; en lo cual no hay paradoja, porque el acaso opera al nivel de los individuos, al par que el orden opera en el grupo como totalidad.

Todo trabajo de investigación se funda sobre el conocimiento anterior, y en particular sobre las conjeturas mejor confirmadas. (Uno de los muchos problemas de la metodología es, precisamente, averiguar cuáles son los criterios para decidir si una hipótesis dada puede considerarse razonable-

mente confirmada, esto es, si el peso que le acuerdan los fundamentos inductivos y de otro orden basta para conservarla). Más aún, la investigación procede conforme a reglas y técnicas que han resultado eficaces en el pasado, pero que son perfeccionadas continuamente, no sólo a la luz de nuevas experiencias, sino también de resultas del examen matemático y filosófico. Una de las reglas de procedimiento de la ciencia fáctica es la siguiente: las variables pertinentes (o que se sospecha que son sensibles) debieran variarse una por vez.

La ciencia fáctica emplea el método experimental concebido en un sentido amplio. Este método consiste en el *test* empírico de conclusiones particulares extraídas de hipótesis generales (tales como "Los gases se dilatan cuando se los calienta" o "Los hombres se rebelan cuando se los oprime"). Este tipo de verificación requiere la manipulación, la observación y el registro de fenómenos; requiere también el control de las variables o factores pertinentes; siempre que sea posible debiera incluir la producción artificial deliberada de los fenómenos en cuestión, y en todos los casos exige el análisis de los datos obtenidos en el curso de los procedimientos empíricos. Los datos aislados y crudos son inútiles y no son dignos de confianza; es preciso elaborarlos, organizarlos y confrontarlos con las conclusiones teóricas.

El método científico no provee recetas infalibles para encontrar la verdad: sólo contiene un conjunto de prescripciones falibles (y perfectibles) para el planeamiento de observaciones y experimentos, para la interpretación de sus resultados, y para el planteo mismo de los problemas. Es, en suma, la manera en que la ciencia explora lo desconocido. Subordinadas a las reglas generales del método científico, y al mismo tiempo en apoyo de ellas, encontramos las diversas técnicas que se emplean en las ciencias especiales: las técnicas para pesar, para observar por el microscopio, para analizar compuestos químicos, para dibujar gráficos que resumen datos empíricos, para reunir informaciones acerca de costumbres, etc. La ciencia es, pues, esclava de sus propios métodos y técnicas mientras éstos tienen éxito; pero es libre de multiplicar y de modificar en todo momento sus reglas, en aras de una mayor racionalidad y objetividad.

9) *El conocimiento científico es sistemático*: una ciencia no es un agregado de informaciones inconexas, sino un sistema de ideas conectadas lógicamente entre sí. Todo sistema de ideas, caracterizado por cierto conjunto básico (pero refutable) de hipótesis peculiares, y que procura adecuarse a una clase de hechos, es una teoría. Todo capítulo de una ciencia especial contiene teorías o sistemas de ideas que están relacionadas lógicamente entre sí, esto es, que están ordenadas mediante la relación "implica". (Ejemplo: "Si aumenta la desocupación aumenta el delito".) Esta conexión entre las ideas puede calificarse de orgánica, en el sentido de que la sustitución de cualquiera de las hipótesis básicas produce un cambio radical en la teoría o grupo de teorías.

El fundamento de una teoría dada no es un conjunto de hechos, sino, más bien, un conjunto de principios o hipótesis de cierto grado de generalidad (y, por consiguiente, de cierta fertilidad lógica). Las conclusiones (o teoremas) pueden extraerse de los principios, sea en la forma natural o con ayuda de técnicas especiales que involucran operaciones matemáticas.

El carácter matemático del conocimiento científico —esto es, el hecho de que es fundado, ordenado y coherente— es lo que lo hace racional. La racionalidad permite que el progreso científico se efectúe no sólo por la acumulación gradual de resultados, sino también por revoluciones. Las revoluciones científicas no son descubrimientos de nuevos hechos aislados, ni son perfeccionamientos en la exactitud de las observaciones, sino que consisten en la sustitución de hipótesis de gran alcance (principios) por nuevos axiomas, y en el reemplazo de teorías enteras por otros sistemas teóricos. Sin embargo, semejantes revoluciones son a menudo provocadas por el descubrimiento de nuevos hechos de los que no dan cuenta las teorías anteriores, aunque a veces se encuentran en el proceso de comprobación de dichas teorías; y las nuevas teorías se tornan verificables en muchos casos, merced a la invención de nuevas técnicas de medición de mayor precisión.

10) *El conocimiento científico es general*: ubica los hechos singulares en pautas generales, los enunciados particulares en esquemas amplios. El científico se ocupa del hecho singular en la medida en que éste es miembro de una clase o caso de una ley; más aún, presupone que todo hecho es clasificable y legal. No es que la ciencia ignore la cosa individual o el hecho irrepetible; lo que ignora es el hecho aislado. Por esto la ciencia no se sirve de los datos empíricos —que siempre son singulares— como tales; éstos son mudos mientras no se los manipula y convierte en piezas de sistemas teóricos.

En efecto, uno de los principios ontológicos que subyacen a la investigación científica es que la variedad y aun la unicidad en algunos respectos son compatibles con la uniformidad y la generalidad en otros respectos. Al químico no le interesa ésta o aquella hoguera, sino el proceso de la combustión en general; trata de descubrir lo que comparten todos los singulares. El científico intenta exponer los universales que se esconden en el seno de los propios singulares; es decir, no considera los universales *ante rem* ni *post rem* sino *in re*, en la cosa, y no antes o después de ella. Los escolásticos medievales clasificarían al científico moderno como realista inmanentista porque, al descartar los detalles, al procurar descubrir los rasgos comunes a individuos que son únicos en otros respectos, al buscar las variables pertinentes (en particular las cualidades esenciales) y las relaciones constantes entre ellas (las leyes), el científico intenta exponer la naturaleza esencial de las cosas naturales y humanas.

El lenguaje científico no contiene solamente términos que designan hechos singulares y expe-

riencias individuales, sino también términos generales que se refieren a clases de hechos. La generalidad del lenguaje de la ciencia no tiene, sin embargo, el propósito de alejar a la ciencia de la realidad concreta: por el contrario, la generalización es el único medio que se conoce para adentrarse en lo concreto, para apresar la esencia de las cosas (sus cualidades y leyes esenciales). Con esto, el científico evita en cierta medida las confusiones y los engaños provocados por el flujo deslumbrador de los fenómenos. Tampoco se asfixia la utilidad en la generalidad: por el contrario, los esquemas generales de la ciencia encuadran una cantidad ilimitada de casos específicos, proveen leyes de amplio alcance que incluyen y corrigen todas las recetas válidas del sentido común y de la técnica precientífica.

11) *El conocimiento científico es legal*: busca leyes (de la naturaleza y de la sociedad) y las aplica. El conocimiento científico inserta los hechos singulares en pautas generales llamadas "leyes naturales" o "leyes sociales". Tras el desorden y la fluidez de las apariencias, la ciencia fáctica descubre las pautas regulares de la estructura y del proceso del ser y del devenir. En la medida en que la ciencia es legal, es esencialista: intenta llegar a la raíz de las cosas. Encuentra la esencia en variables pertinentes y en las relaciones invariantes entre ellas.

Hay leyes de hechos y leyes mediante las cuales se pueden explicar otras leyes. El principio de Arquímedes pertenece a la primera clase; pero a su vez puede deducirse de los principios generales de la mecánica; por consiguiente, ha dejado de ser un principio independiente, y ahora es un teorema deducible de hipótesis de nivel más elevado. Las leyes de la física proveen la base de las leyes de las combinaciones químicas; las leyes de la fisiología explican ciertos fenómenos psíquicos; y las leyes de la psicología y de la sociología pertenecen a los fundamentos de la economía. Es decir, los enunciados de las leyes se organizan en una estructura de niveles.

Ciertamente, los enunciados de las leyes son transitorios; pero ¿son inmutables las leyes mismas? Si se consideran las leyes como las pautas mismas del ser y del devenir, entonces debieran cambiar junto con las cosas mismas; por lo menos, debe admitirse que, al emerger nuevos niveles, sus cualidades peculiares se relacionan entre sí mediante nuevas leyes. Por ejemplo, las leyes de la economía han emergido en el curso de la historia sobre la base de otras leyes (biológicas y psicológicas) y, más aún, algunas de ellas cambian con el tipo de organización social.

Por supuesto, no todos los hechos singulares conocidos han sido ya convertidos en casos particulares de leyes generales; en particular, los sucesos y procesos de los niveles superiores han sido legalizados sólo en pequeña medida. Pero esto se debe en parte al antiguo prejuicio de que lo humano no es legal, así como a la antigua creencia pitagórica de que solamente las relaciones numéricas merecen llamarse "leyes científicas". Debiera emplearse el *stock* íntegro de las herramientas con-

ceptuales en la búsqueda de las leyes de la mente y de la cultura; más aún, acaso el *stock* de que se dispone es insuficiente y sea preciso inventar herramientas radicalmente nuevas para tratar los fenómenos mentales y culturales, tal como el nacimiento de la mecánica moderna hubiera sido imposible sin la invención expresa del cálculo infinitesimal.

Pero el ulterior avance en el progreso de la legalización de los fenómenos no físicos requiere, por sobre todo, una nueva actitud frente al concepto mismo de ley científica. En primer lugar, es preciso comprender que hay muchos tipos de leyes (aun dentro de una misma ciencia), ninguno de los cuales es necesariamente mejor que los tipos restantes. En segundo lugar, debiera tornarse un lugar común entre los científicos de la cultura el que las leyes no se encuentran por mera observación y el simple registro, sino poniendo a prueba hipótesis: los enunciados de leyes no son, en efecto, sino hipótesis confirmadas. Y ¿cómo habríamos de emprender la confección de hipótesis científicas si no presumiéramos que todo hecho singular es legal?

12) *La ciencia es explicativa:* intenta explicar los hechos en términos de leyes, y las leyes en términos de principios. Los científicos no se conforman con descripciones detalladas; además de inquirir cómo son las cosas, procuran responder a porqués: por qué ocurren los hechos cómo ocurren y no de otra manera. La ciencia deduce proposiciones relativas a hechos singulares a partir de leyes generales, y deduce las leyes a partir de enunciados nomológicos aun más generales (principios). Por ejemplo, las leyes de Kepler explicaban una colección de hechos observados del movimiento planetario; y Newton explicó esas leyes deduciéndolas de principios generales, explicación que permitió a otros astrónomos dar cuenta de las irregularidades de las órbitas de los planetas, que eran desconocidas para Kepler.

Solía creerse que explicar es señalar la causa, pero en la actualidad se reconoce que la explicación causal no es sino un tipo de explicación científica. La explicación científica se efectúa siempre en términos de leyes, y las leyes causales no son sino una subclase de las leyes científicas. Hay diversos tipos de leyes científicas y, por consiguiente, hay una variedad de tipos de explicaciones científicas: morfológicas, cinemáticas, dinámicas, de composición, de conservación, de asociación, etcétera.

La historia de la ciencia enseña que las explicaciones científicas se corrigen o descartan sin cesar. ¿Significa esto que son todas falsas? En la ciencia fáctica, la verdad y el error no son del todo ajenos entre sí: hay verdades parciales y errores parciales; hay aproximaciones buenas y otras malas. La ciencia no obra como Penélope, sino que emplea la tela tejida ayer. Las explicaciones científicas no son finales pero son perfectibles.

13) *El conocimiento científico es predictivo*: trasciende la masa de los hechos de experiencia, imaginando cómo puede haber sido el pasado y cómo podrá ser el futuro. La predicción es, en pri-

mer lugar, una manera eficaz de poner a prueba las hipótesis; pero también es la clave del control o aun de la modificación del curso de los acontecimientos. La predicción científica, en contraste con la profecía, se funda sobre leyes y sobre informaciones específicas fidedignas, relativas al estado de cosas actual o pasado. No es del tipo "Ocurrirá e", sino más bien de este otro: "Ocurrirá e (de la clase E) siempre que suceda c (de la clase C), pues todo hecho de clase C es acompañado o seguido de un hecho de clase E".

La predicción científica se caracteriza por su perfectibilidad antes que por su certeza. Más aún, las predicciones que se hacen con la ayuda de reglas empíricas son a veces más exactas que las predicciones penosamente elaboradas con herramientas científicas (leyes, informaciones específicas y deducciones); tal es el caso, con frecuencia, de los pronósticos meteorológicos, de la prognosis médica y de la profecía política. Pero, en tanto que la profecía no es perfectible y no puede usarse para poner a prueba hipótesis, la predicción es perfectible y, si falla, nos obliga a corregir nuestras suposiciones, alcanzando así una inteligencia más profunda. Por esto la profecía exitosa no es un aporte al conocimiento teórico, en tanto que la predicción científica fallida puede contribuir a él.

Puesto que la predicción científica depende de leyes y de ítems de información específica, puede fracasar por inexactitud de los enunciados de las leyes o por imprecisión de la información disponi-

ble. (También puede fallar, por supuesto, debido a errores cometidos en el proceso de inferencia lógica o matemática que conduce de las premisas [leyes e informaciones] a la conclusión [enunciado predictivo]). Una fuente importante de fallas en la predicción es el conjunto de suposiciones acerca de la naturaleza del objeto (sistema físico, organismo vivo, grupo social, etc.) cuyo comportamiento ha de predecirse. Por ejemplo, puede ocurrir que creamos que el sistema en cuestión está suficientemente aislado de las perturbaciones exteriores, cuando en rigor éstas cuentan a la larga; dado que la aislación es una condición necesaria de la descripción del sistema con ayuda de un puñado de enunciados de leyes, no debiera sorprender que sea tan difícil predecir el comportamiento de sistemas abiertos tales como el océano, la atmósfera, el ser vivo o la economía.

Puesto que la predicción científica se funda en leyes científicas, hay tantas clases de predicciones como clases de enunciados nomológicos. Algunas leyes nos permiten predecir resultados individuales, aunque no sin error si la predicción se refiere al valor de una cantidad. Otras leyes, incapaces de decirnos nada acerca del comportamiento de los individuos (átomos, personas, etc.) son en cambio la base para la predicción de algunas tendencias globales y propiedades colectivas de colecciones numerosas de elementos similares: son las leyes estadísticas. Las leyes sociales son de este tipo; por esto es casi imposible la predicción de los sucesos individuales en el campo de la historia,

pudiendo preverse solamente el curso general de los acontecimientos.

14) *La ciencia es abierta*: no reconoce barreras *a priori* que limiten el conocimiento. Si un conocimiento fáctico no es refutable en principio, entonces no pertenece a la ciencia sino a algún otro campo. Las nociones acerca de nuestro medio natural o social, o acerca del yo, no son finales: están todas en movimiento, todas son falibles. Siempre es concebible que pueda surgir una nueva situación (nuevas informaciones o nuevos trabajos teóricos) en que nuestras ideas, por firmemente establecidas que parezcan, resulten inadecuadas en algún sentido. La ciencia carece de axiomas evidentes; incluso los principios más generales y seguros son postulados que pueden ser corregidos o reemplazados. A consecuencia del carácter hipotético de los enunciados de leyes y de la naturaleza perfectible de los datos empíricos, la ciencia no es un sistema dogmático y cerrado sino controvertido y abierto. O, más bien, la ciencia es abierta como sistema porque es falible y por consiguiente capaz de progresar. En cambio, puede argüirse que la ciencia es metodológicamente cerrada, no en el sentido de que las reglas del método científico sean finales, sino en el sentido de que es autocorrectiva: el requisito de la verificabilidad de las hipótesis científicas basta para asegurar el progreso científico.

Tan pronto como ha sido establecida una teoría científica, corre el peligro de ser refutada o, al menos, de que se circunscriba su dominio. Un sistema cerrado de conocimiento fáctico, que excluya toda ulterior investigación, puede llamarse sabiduría pero es en rigor un detritus de la ciencia. El sabio moderno, a diferencia del antiguo, no es tanto un acumulador de conocimientos como un generador de problemas. Por consiguiente, prefiere los últimos números de las revistas especializadas a los manuales, aun cuando estos últimos sean depósitos de verdad más vastos y fidedignos que aquéllas. El investigador moderno ama la verdad pero no se interesa por las teorías irrefutables. Una teoría puede haber permanecido intocada no tanto por su alto contenido de verdad cuanto porque nadie la ha usado. No se necesita emprender una investigación empírica para probar la tautología de que ni siquiera los científicos están casados con solteronas.

Los modernos sistemas de conocimiento científico son como organismos en crecimiento: mientras están vivos cambian sin pausa. Ésta es una de las razones por las cuales la ciencia es éticamente valiosa: porque nos recuerda que la corrección de errores es tan valiosa como el no cometerlos, y que probar cosas nuevas e inciertas es preferible a rendir culto a las viejas y garantidas. La ciencia, como los organismos, cambia a la vez internamente y debido a sus contactos con sus vecinos; esto es, resolviendo sus problemas específicos y siendo útil en otros campos.

15) *La ciencia es útil*: porque busca la verdad, la ciencia es eficaz en la provisión de herramientas para el bien y para el mal. El conocimiento

ordinario se ocupa usualmente de lograr resultados capaces de ser aplicados en forma inmediata; con ello no es suficientemente verdadero, con lo cual no puede ser suficientemente eficaz. Cuando se dispone de un conocimiento adecuado de las cosas es posible manipularlas con éxito. La utilidad de la ciencia es una consecuencia de su objetividad: sin proponerse necesariamente alcanzar resultados aplicables, la investigación los provee a la corta o a la larga. La sociedad moderna paga la investigación porque ha aprendido que la investigación rinde. Por este motivo, es redundante exhortar a los científicos a que produzcan conocimientos aplicables: no pueden dejar de hacerlo. Es cosa de los técnicos emplear el conocimiento científico con fines prácticos, y los políticos y empresarios son los responsables de que la ciencia y la tecnología se empleen en beneficio de la humanidad. Los científicos pueden a lo sumo, aconsejar acerca de cómo puede hacerse uso racional, eficaz y bueno de la ciencia.

La técnica precientífica era primordialmente una colección de recetas pragmáticas no entendidas, muchas de las cuales desempeñaban la función de ritos mágicos. La técnica moderna es, en medida creciente —aunque no exclusivamente—, ciencia aplicada. La ingeniería es física y química aplicadas, la medicina es biología aplicada, la psiquiatría es psicología y neurología aplicadas; y debiera llegar el día en que la política se convierta en sociología y economía aplicadas.

Pero la tecnología es más que ciencia aplicada: en primer lugar, porque tiene sus propios procedimientos de investigación, adaptados a circunstancias concretas que distan de los casos puros que estudia la ciencia. En segundo lugar, porque toda rama de la tecnología contiene un cúmulo de reglas empíricas descubiertas antes que los principios científicos en los que —si dichas reglas se confirman— terminan por ser absorbidas. La tecnología no es meramente el resultado de aplicar el conocimiento científico existente a los problemas prácticos: la tecnología viva es, esencialmente, el enfoque científico de problemas prácticos, es decir, el tratamiento de estos problemas sobre un fondo de conocimiento científico y con ayuda del método científico. Por esto la tecnología, sea de las cosas o de los hombres, es fuente de conocimientos nuevos.

La conexión de la ciencia con la tecnología no es, por consiguiente, asimétrica. Todo avance tecnológico plantea problemas científicos cuya solución puede consistir en la invención de nuevas teorías o de nuevas técnicas de investigación que conduzcan a un conocimiento más adecuado y a un mejor dominio del asunto. La ciencia y la tecnología constituyen un ciclo de sistemas interactuantes que se alimentan el uno al otro. El científico torna inteligible lo que hace el técnico y éste provee a la ciencia de instrumentos y de comprobaciones; y, lo que es igualmente importante, el técnico no cesa de formular preguntas al científico, añadiendo así un motor externo al motor inter-

no del progreso científico. La continuación de la vida sobre la Tierra depende del ciclo del carbono: los animales se alimentan de plantas, las que a su vez obtienen su carbono de lo que exhalan los animales. Análogamente, la continuación de la civilización moderna depende, en gran medida, del ciclo del conocimiento: la tecnología moderna come ciencia, y la ciencia moderna depende a su vez del equipo y del estímulo que le provee una industria altamente tecnificada.

Pero la ciencia es útil en más de una manera. Además de constituir el fundamento de la tecnología, la ciencia es útil en la medida en que se la emplea en la edificación de concepciones del mundo que concuerdan con los hechos, y en la medida en que crea el hábito de adoptar una actitud de libre y valiente examen, en que acostumbra a la gente a poner a prueba sus afirmaciones y a argumentar correctamente. No menor es la utilidad que presta la ciencia como fuente de apasionantes rompecabezas filosóficos, y como modelo de la investigación filosófica.

En resumen, la ciencia es valiosa como herramienta para domar la naturaleza y remodelar a la sociedad; es valiosa en sí misma, como clave para la inteligencia del mundo y del yo; y es eficaz en el enriquecimiento, la disciplina y la liberación de nuestra mente.

¿Cuál es el método de la ciencia?

The lame in the path outstrips the swift who wander from it.

F. Bacon.